



5000 吨
起重铺管船电气设备原理
与使用维护系列丛书

船舶自动化 及推进控制系统

(第六分册)

总 主 编 王华胜
本 册 主 编 丁相强
本 册 副 主 编 高伟卫



大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS



5000 吨
起重铺管船
与使用维护系列丛书

船舶自动化 及推进控制系统

(第六分册)

总 主 编 王华胜
本 册 主 编 丁相强
本 册 副 主 编 高伟卫

大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS



© 王华胜 2017

图书在版编目(CIP)数据

船舶自动化及推进控制系统 / 丁相强主编. — 大连 :
大连海事大学出版社, 2017.9

(5000吨起重铺管船电气设备原理与使用维护系列丛
书 / 王华胜总主编; 第六分册)

ISBN 978-7-5632-3558-2

I. ①船… II. ①丁… III. ①船舶—自动化系统②船
舶推进—控制系统 IV. ①U664.8②U661.31

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第237514号

王华胜 总主编
丁相强 总主编
王华胜 总主编

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连住友彩色印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2017年9月第1版

2017年9月第1次印刷

幅面尺寸:210 mm × 297 mm

印张:33.25

字数:979千

印数:1~800册

出版人:徐华东

责任编辑:李继凯

责任校对:张冰 宋彩霞

封面设计:解瑶瑶

版式设计:解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3558-2 定价:83.00元

5000吨起重铺管船电气设备原理与使用维护系列丛书

编纂委员会成员

主任委员:王华胜

副主任委员:丁相强

委	员:	徐永琦	高伟卫	魏福占	刘道
		邓赛赛	熊睿	王颢然	李天杰
		康存富	王秋天	韩朝珍	陈雪峰
		沈培			

总前言

随着科学技术发展的日新月异,人类对未知领域的探索范围逐渐加大,大量的深海油气田被发现,可燃冰等新能源被开采利用,这些能源的开采利用极大地促进了深海钻井平台、深海起重船、深海铺管船等一系列高技术深海作业装备的设计、开发及使用。诸如中高压船舶电站系统、大功率电力推进系统、船舶深海动力定位系统、船舶自动化系统、深海铺管作业系统、起重机波浪补偿系统等一系列支撑远洋深海作业的新技术被不断地完善升级并投入使用,对深海海洋工程的发展起到了至关重要的支撑作用。

纵观国内各大高校、研究所及海洋工程配套供应商等,上述设备及关键系统的具体技术细节、设计、生产等尚属空白,大量的关键系统、关键技术仍垄断在国外各大供应商手中。他们对国内的采购设置了重重壁垒,对设备使用中后续的备品、备件采购,故障检修及维护保养等响应不及时,影响了设备工作性能的高效使用和海洋工程领域人才的培养。

随着我国综合国力的增强及造船工业水平的提高,我国对深海工程装备的需求也逐渐加大,先后建造完成了“海洋石油 201”“蓝鲸 1 号”等一系列深海作业装备。为了在该领域积累技术发展经验、加强人才培养,2012 年交通运输部正式立项建造烟台 5000 吨起重铺管船。该船是一艘具有自航能力、无人机舱、DP-3 动力定位、十点锚泊定位、5000 吨全回转起重能力(配置波浪补偿系统)的全球无限航区的作业船舶,同时配置有 S 型双轨铺管系统,可用于对水下沉船、沉物的打捞作业,具有应对突发事件,进行大吨位水下整体打捞、快速清障的能力,可在海上进行大型组块、平台模块、导管架等海洋工程结构物的起重吊装,同时具备平台作业支持、潜水作业支持等多项功能。

该船技术先进,在国内同类型船舶中尚属第一,创造性地应用了业内最新技术、采购了大量的进口先进设备,大部分设备为国内首次使用。编者全程参与了该项目的设计及建造过程,对该项目的设计理念及设计思路等进行了深入研究,对深海海洋工程装备的技术要求等进行了深入了解。在船舶的建造过程中,通过分析研究相关进口设备、系统的文件资料,并与设备服务工程师就技术问题进行了交流,详细地了解了相关海洋工程装备的系统构成、工作原理、功能设置、操作使用、维护保养及常见故障检修等相关内容并编辑成册,为行业中的技术人员提供了一套内容全面、系统、实用的海洋工程装备系列丛书。

本系列丛书把背景工程的相关技术呈现给读者,为后续类似系统的设计、建造,相关系统设备的操作使用及维护保养,相关单位海洋工程设备的人才培养等提供了较为全面的技术理论支撑及经验支持,为国家深海海洋工程领域的技术发展及创新贡献了一份力量。

由于时间仓促,编者水平及资料有限,书中疏漏与错误在所难免,敬请读者批评、指正。

编者

2017.9

本册前言

5000 吨起重铺管船主要用于中国沿海如我国渤海、黄海、东海、南海等海域的水下沉船、沉物的抢险救助打捞作业,具有应对突发事件,进行大吨位水下物体整体打捞,快速清障等能力。并能兼顾在全球主要海区如太平洋、印度洋、大西洋等海域,进行大型组块、平台模块、导管架的起重吊装、提供平台作业支持、潜水作业等作业需求。该船还安装了 S 型铺管系统设备。船尾设置一台具备固定吊 5000 吨/全回转吊 3500 吨起重能力的起重机。快速抗横倾调载系统调载能力满足起重机最大全回转吊重工况 14 分钟回转 90 度的要求。舱室布置满足 398 人同时在船上作业住宿要求。

5000 吨起重铺管船为国内首次设计建造的一艘具有多种作业功能要求的海洋工程辅助作业船,船舶设备较多,自动化程度较高。采用康士伯电站管理系统(PMS)对六台主发电机组及其他辅助设备进行管理控制,康士伯集成自动化系统对全船主要设备进行监控管理;8 台推进器通过康士伯 DP3 动力定位系统和 K-Thrust 系统在各种作业工况下进行控制。

本书共分为三篇。第一篇重点介绍了康士伯 K-Chief 700 自动化系统,分为六章,对康士伯自动化的硬件和软件、康士伯自动化系统的使用操作、背景船康士伯电站管理系统(PMS)、背景船康士伯集中管理控制系统(IMCS)、背景船压载水和舱底水系统以及机械辅助系统进行了介绍;第二篇介绍了康士伯 K-Thrust 推进控制系统,介绍了 K-Thrust 系统的操作和背景船推进控制系统。第三篇介绍了背景船康士伯动力定位、自动化以及推进控制系统的故障模式和影响分析(FMEA)。

本书使用了大量的图例,内容翔实,通俗易懂,可作为背景船工程技术人员工具书,也可作为船舶和海洋工程技术人员的参考书,同时也适于对康士伯自动化及推进控制系统的技术感兴趣的其他专业人员和海洋工程专业的学生阅读参考。本书在编写过程中,得到有关单位和个人的大力支持和帮助,在此表示诚挚的谢意。限于编写人员的经验及水平,书中错漏之处在所难免,尤其是有些英文资料的翻译可能不准或者理解有误,敬请广大读者指正,不胜感激!

编者

2017.5

目 录

第一篇 自动化系统

第一章 K-Chief 700 自动化系统介绍	5
第一节 系统概览	5
1.1.1 介绍	5
第二节 系统设计	7
1.2.1 K-Chief 700 理念	7
第三节 操作站	11
1.3.1 操作站	11
1.3.2 事件	24
1.3.3 趋势图	26
1.3.4 时间序列	28
1.3.5 报告	28
1.3.6 系统控制功能	29
1.3.7 在线用户组指南	32
1.3.8 上下文帮助	32
1.3.9 第三方应用的集成	33
1.3.10 计算机操作站	35
第四节 历史站	36
1.4.1 历史(记录)站	36
第五节 现场站	37
1.5.1 现场站概览	38
1.5.2 RIO 设备	40
1.5.3 RCU 模块	41
1.5.4 输入输出模块	51
1.5.5 其他模块	77
1.5.6 RIO 拓扑范例	91
1.5.7 危险区域的硬件模块	93
1.5.8 I/O 系统概览	94
第六节 网络	95
1.6.1 网络预览	95
第七节 电源	98
1.7.1 电源	98
第八节 配置和维护工具	100
1.8.1 配置和维护工具	100
第九节 应用	102
1.9.1 介绍	102
1.9.2 报警监测	102

1.9.3	值班呼叫系统	103
1.9.4	操作员安全报警	104
1.9.5	功率管理系统	106
1.9.6	机械控制	126
1.9.7	压载水控制	134
1.9.8	船舶性能监控	135
1.9.9	船舶模式控制	141
1.9.10	加热、通风和空调控制	142
1.9.11	操作员训练器	143
1.9.12	外部模拟器	144
第十节	远程诊断	145
第二章	K-Chief 700使用操作	147
第一节	系统描述	147
2.1.1	K-Chief 700 概览	147
2.1.2	分布式架构	148
2.1.3	主系统组件	148
第二节	K-Chief 700 用户界面	150
2.2.1	概述	150
2.2.2	操作站图形	152
2.2.3	OS 操作员面板	158
第三节	基本的监视和控制	163
2.3.1	图形结构	163
2.3.2	操作菜单按钮	169
2.3.3	模拟测量	171
2.3.4	废气监测模块	172
2.3.5	数字测量模块	173
2.3.6	脉冲测量模块	175
2.3.7	电动机和泵控制模块	176
2.3.8	阀控模块	181
2.3.9	PID 控制器模块	186
2.3.10	顺序控制模块	188
2.3.11	顺序步进模块	188
2.3.12	序列管理员模块	189
2.3.13	序列方式模块	192
2.3.14	顺序过程图像	193
第四节	功率管理	194
2.4.1	概述	194
2.4.2	发电机控制模块	196
2.4.3	配电屏模块	200
2.4.4	断路器模块	202
2.4.5	用户设备	203
2.4.6	典型的操作步骤	204
第五节	推进控制	211

2.5.1	用户界面	212
2.5.2	侧推过程图	213
2.5.3	全回转推进器过程图	214
2.5.4	主推进过程图	214
2.5.5	推进器/推力控制	216
2.5.6	典型步骤	218
第六节	冗余和临界评估系统	219
2.6.1	用户界面	220
2.6.2	状态图	224
第七节	液货和压载控制	227
2.7.1	液货控制	227
2.7.2	压载水控制和压载水交换	229
2.7.3	用户界面	229
2.7.4	全局控制模块	230
2.7.5	液体舱模块	231
2.7.6	典型的步骤	234
第八节	延伸报警系统	237
2.8.1	值班呼叫系统	237
2.8.2	操作员安全警报系统	243
第三章	背景船功率管理系统(PMS)	245
第一节	功率管理系统简介	245
3.1.1	功率管理	245
3.1.2	高级发电机监控(AGS)	246
3.1.3	PMS主要功能	246
3.1.4	电力管理原理	247
第二节	电站装置	248
3.2.1	系统运行模式	248
3.2.2	电力单线图	249
3.2.3	PMS接口要求	250
3.2.4	背景船PMS模式功能描述	251
第三节	柴油机组的控制和监测	255
3.3.1	柴电处于非备用/备用时	255
3.3.2	柴油机的启动	255
3.3.3	发电机主开关的连接	258
3.3.4	发电机主开关的断开	259
3.3.5	柴油机停止	260
3.3.6	柴电报警启动	263
3.3.7	柴油机的安全停止	264
3.3.8	柴电的负荷限制	265
3.3.9	柴电的燃油误差	265
3.3.10	柴电的报警抑制	265
3.3.11	柴电的排气温差	265
3.3.12	信号验证和故障处理	265

3.3.13 柴电报警和监控	266
第四节 配电屏的控制	266
3.4.1 断路器控制	266
3.4.2 依据负荷的启停	267
3.4.3 防止失电措施	267
3.4.4 失电的恢复	269
3.4.5 负荷的分配	270
3.4.6 信号验证及故障处理	272
3.4.7 配电盘报警和监控	272
第五节 用户设备控制	273
3.5.1 重载用户设备的启动阻塞(重载问询)	273
3.5.2 动态负荷的控制	275
3.5.3 负荷卸载(优先脱扣)	276
3.5.4 用户设备的失电恢复	276
第六节 能源管理	276
3.6.1 高级发电机监控(AGS)	276
第七节 背景船 PMS 的配置	284
3.7.1 柴电	286
3.7.2 配电屏配置	291
3.7.3 用户控制配置	294
3.7.4 AGS 配置	299
第八节 PMS 的调试	303
3.8.1 柴油发电机控制	303
3.8.2 高压配电板控制	307
3.8.3 低压电力分电	310
3.8.4 高级发电机管理	311
第四章 背景船集成控制和监视系统(ICMS)	315
第一节 K-Chief 700 描述	323
4.1.1 系统介绍	323
4.1.2 功能介绍	323
4.1.3 现场站(FS)	324
4.1.4 操作站(OS)	324
4.1.5 历史记录站(HS)	325
4.1.6 网络分配单元(NDU)	325
4.1.7 恶意软件保护系统(MPS)	325
4.1.8 报警和打印	325
4.1.9 报警设备	325
4.1.10 延伸报警系统(EAS)	325
4.1.11 K-Chief 700 的冗余理念	326
4.1.12 访问控制	328
4.1.13 命令控制	329
4.1.14 事件和报警系统	329
4.1.15 趋势系统	331

4.1.16	操作员健康报警系统	331
4.1.17	版本控制	331
4.1.18	运行时间服务	332
4.1.19	报告系统	332
4.1.20	时钟分配系统	332
第二节 背景船 K-Chief 700 配置		332
4.2.1	操作站配置	333
4.2.2	RCU 服务器配置	333
4.2.3	打印机配置	334
4.2.4	现场站配置	334
4.2.5	网络分配单元(NDU)	335
4.2.6	背景船 K-Chief 700 综述	335
第五章 背景船压载和舱底水系统		342
第一节 通用系统功能		342
5.1.1	泵组的遥控	342
5.1.2	阀门的遥控	343
5.1.3	压载舱液位测量	343
5.1.4	自动吸排海水(至预定值)	345
5.1.5	关闭所有功能	345
5.1.6	压载水处理装置	346
5.1.7	抗横倾系统	346
5.1.8	运行超时报警	346
第二节 压载系统		346
5.2.1	全船压载控制系统	347
5.2.2	抗横倾系统(AHS)	347
第三节 舱底水系统		349
5.3.1	控制	349
第六章 背景船机械和辅助系统		350
第一节 通用系统功能		350
6.1.1	原理	350
6.1.2	控制模式	351
6.1.3	典型接口	352
6.1.4	阀门的遥控	356
6.1.5	典型的值班/备用配置	356
6.1.6	典型的超前/滞后配置	357
6.1.7	PID 控制	358
6.1.8	运行时间统计	359
6.1.9	激活/抑制报警	359
6.1.10	连锁	360
第二节 其他系统		360
第二篇 K-Thrust 推力控制系统		
第一章 推力控制系统说明		362

第一节	概述	362
第二节	系统理念	362
1.2.1	基本系统	362
1.2.2	康士伯产品家族	364
第三节	K-Thrust 硬件模块	366
1.3.1	车钟面板	366
1.3.2	功能面板	367
1.3.3	车钟	368
1.3.4	指示设备	368
1.3.5	遥控面板控制器	368
1.3.6	非随动面板	369
1.3.7	本地控制面板	370
1.3.8	推进器控制器	370
1.3.9	带扩展 I/O 端口的双控制器	372
1.3.10	K-Pos 控制器	372
1.3.11	操作站	372
1.3.12	cJoy 操作终端	373
1.3.13	K-Thrust 设备显示	373
第二章	推力控制系统功能	374
第一节	介绍	374
第二节	控制位置	374
2.2.1	控制命令转移	374
第三节	遥控功能	375
2.3.1	侧推	375
2.3.2	伸缩推	376
2.3.3	推进器	377
2.3.4	主推进器	379
2.3.5	舵机	381
2.3.6	启停顺序	381
2.3.7	手动同步命令	381
2.3.8	随动伺服控制	382
第四节	自动控制功能	382
2.4.1	K-Thrust 模式	382
2.4.2	状态保持和操纵杆控制	383
2.4.3	K-Thrust 到外部自动舵的接口	383
2.4.4	K-Thrust 到舵机的接口	383
第五节	设备和系统监视	383
2.5.1	安全功能	383
2.5.2	系统故障检测和指示	383
2.5.3	反馈监视	384
2.5.4	输出到航行数据记录仪	384
第三章	推力控制系统用户界面	385
第一节	多功能面板	385

3.1.1	命令状态灯	386
3.1.2	TAKE 按钮	386
3.1.3	提取/释放按钮	386
3.1.4	带有状态指示灯的控制系统(模式)选择按钮	386
3.1.5	消声按钮	388
3.1.6	面板的亮度调节	388
3.1.7	灯光测试按钮	388
第二节	操纵杆面板	388
3.2.1	声音报警指示	389
3.2.2	声响命令传输指示器	389
3.2.3	故障和报警	389
3.2.4	系统和操作状态灯	390
3.2.5	推进单元的面板指示	391
3.2.6	配置的推进单元	391
3.2.7	紧急停止按钮	391
3.2.8	运行灯	392
3.2.9	功能和状态灯按钮	392
第三节	手动操作手柄	396
3.3.1	单,左/右或前/后	396
3.3.2	双,左/右或向前/向后	397
3.3.3	双,螺距和转速	397
3.3.4	单,向前/向后和 360° 旋转	398
3.3.5	单,向前和 360° 旋转	398
3.3.6	单,可旋转	399
第四节	非随动面板	401
第五节	反馈指示器	402
第六节	本地面板	403
第四章	系统功能和操作程序	404
第一节	控制系统的选择	404
4.1.1	手动控制	404
4.1.2	DP 控制系统	405
4.1.3	联合操纵杆系统	405
4.1.4	操舵装置	405
4.1.5	自动舵	406
4.1.6	速度引航	406
第二节	启动和停止功能	407
4.2.1	启动按钮	407
4.2.2	停止按钮	407
4.2.3	辅助启动按钮	408
4.2.4	辅助停止按钮	408
第三节	转移指令控制	408
4.3.1	驾驶台内的转移	408
4.3.2	集控室和驾驶台之间的转移	410

第四节	无扰转移控制命令	413
4.4.1	自动斜坡功能	414
第五节	功率模式功能	414
4.5.1	功能选择	415
第六节	巡航模式功能	415
4.6.1	舵/方位角和紧急停车检测极限	415
4.6.2	功能选择	416
第七节	同步命令功能	416
4.7.1	功能选择	417
第八节	锁杆功能	418
4.8.1	功能选择	418
第九节	展开功能	419
4.9.1	功能选择	419
第十节	收回功能	419
4.10.1	功能选择	419
第十一节	组合功能	420
4.11.1	功能选择	420
第十二节	独立功能	420
4.12.1	功能选择	420
第十三节	转速功能	421
4.13.1	功能选择	421
第十四节	转速低功能	421
4.14.1	功能选择	421
第十五节	DP 控制功能	422
4.15.1	DP 手动按钮	422
4.15.2	DP 使能按钮	422
第十六节	电轴	422
4.16.1	功能选择	423
第十七节	运行信号的丢失	423
第五章	背景船推进控制系统 (K-Thrust RCS)	424
第一节	介绍	425
5.1.1	遥控系统一般原理	425
5.1.2	RCS 主要任务	426
第二节	系统概述	426
5.2.1	RCS 控制器	429
5.2.2	控制位置	430
5.2.3	驾驶室控制盘	430
5.2.4	ECR 屏(3#和4#集控室控制)	437
5.2.5	显示	439
5.2.6	KM 就近控制(机旁控制)	439
5.2.7	随动(FU)的后备控制(位于前主驾)总共1个	441
第三节	RCS 功能	442
5.3.1	具体项目解决方案	442

5.3.2	支持的 RCS 系统模式	442
5.3.3	启停用的特定配置	443
5.3.4	无扰动发送	443
5.3.5	功率模式	443
5.3.6	同步命令功能	444
5.3.7	锁住操作杆	444
5.3.8	独立的联合操纵杆控制	444
5.3.9	报警显示	445
第四节	RCS 逻辑	445
5.4.1	指令信号的故障安全动作	445
第五节	RCS 控制接口	446
5.5.1	DP/IJS	446
5.5.2	推进器控制的扩展	447
5.5.3	推进控制系统总览	447
5.5.4	推进器的启动/停止	447
5.5.5	安全停车/应急停车	454
5.5.6	滑油和液压泵控制	455
5.5.7	推进器的冷却	455
5.5.8	操作杆复位按钮	455
5.5.9	推进器失电重启	455
5.5.10	推进器负荷限制	455
5.5.11	故障检测/失效保护动作	456
5.5.12	其他特定项目功能	458
第六节	与外部系统的接口	459
5.6.1	外部控制系统	459
5.6.2	航行数据记录仪(VDR)	459
第三篇 背景船动力定位、集成自动化及推力控制系统故障模式与影响分析		
第一章	FMEA 介绍	461
第一节	目的	461
第二节	分析	461
第三节	系统概述	462
第二章	FMEA 方法	463
第一节	FMEA 分析	463
2.1.1	高级别的 FMEA 使用初步安全分析(PSA)	463
2.1.2	组件级别的详细的 FMEA 分析	463
第二节	表格说明	463
2.2.1	FME(C)A 表格	464
第三节	故障模式	464
第四节	分析条件	464
2.4.1	软件控制系统优先权	465
2.4.2	可靠的 DP 控制系统软件	465
2.4.3	在分析中的限制和讨论级别	465

第三章 结论	466
第四章 集成自动化系统 (IAS) ——K-Pos/K-Thrust/K-Chief	467
第一节 基本原理	467
第二节 ICMS 主要职责	467
第三节 集成自动化系统 (IAS)	468
第四节 ICMS 系统布局	468
4.4.1 操作站	468
4.4.2 位置参考系统和传感器	469
4.4.3 控制器和现场站	470
4.4.4 RCU 冗余	471
第五章 ICMS 现场接口	472
第一节 动力定位	472
第二节 船舶控制	472
5.2.1 常用传感器信号故障处理	472
5.2.2 故障安全设定	474
第六章 ICMS 的高级 FMEA	475
第一节 系统 (普通)	475
6.1.1 PSA 紧急备用开关	476
6.1.2 K-Thrust 操作面板的 PSA (基本安全分析)	476
6.1.3 K-Chief 操作站的故障安全分析	478
6.1.4 HiPAP OS PSA 分析	478
6.1.5 ICMS 网络的 PSA 分析	479
6.1.6 UPS 系统的 PSA 分析	479
第二节 K-Pos 系统	481
6.2.1 动力定位控制器原理框图	481
6.2.2 主 DP 系统 DPC-2 的 PSA 分析	482
6.2.3 DPC-1 备用 DP 系统的 PSA	484
6.2.4 cJoy 系统的 PSA	485
6.2.5 罗经的 PSA	485
6.2.6 风速风向仪的 PSA	486
6.2.7 运动参考单元的 PSA 分析	487
6.2.8 差分 GPS 的 PSA	488
6.2.9 HiPAP 的 PSA	489
6.2.10 RADIUS 的 PSA	489
6.2.11 K-Pos DP FMEA 总结	490
第三节 K-Thrust 推进器控制系统	493
6.3.1 遥控系统的基本原理	493
6.3.2 RCS 控制器软件平台	493
6.3.3 通信链路	493
6.3.4 操作面板的 IO	493
6.3.5 RCS 主要任务	493
6.3.6 RCS 控制器机柜	494
6.3.7 命令的防故障动作	494